

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1939

THÈSE

N°

749

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Norbert CARLES

Né le 24 mars 1913, à Cressensac (Lot)

L'Exploration radiologique de l'Appareil respiratoire

Progrès de la Technique

Président : M. TROISIER, Professeur

IMPRIMERIE GIRONDE

47, RUE MICHELET

MONTREUIL (Seine)

1939

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1939

THÈSE

N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLÔME D'ÉTAT)

PAR

Norbert CARLES

Né le 24 mars 1913, à Cressensac (Lot)

L'Exploration radiologique de l'Appareil respiratoire

Progrès de la Technique

Président : M. TROISIER, Professeur

IMPRIMERIE GIRONDE

47, RUE MICHELET

MONTREUIL (Seine)

1939

LE DOYEN... BAUDOUIN

I. — PROFESSEURS

MM.

Anatomie	ROUVIÈRE.
Physiologie	Léon BINET.
Physique médicale	STROHL.
Chimie médicale	POLONOVSKI.
Bactériologie	R. DEBRÉ.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales	BAUDOUIN.
Pathologie médicale	ABRAMI.
Pathologie chirurgicale	MONDOR.
Anatomie pathologique	LEROUX.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU.
Thérapeutique	HARVIER.
Hygiène et médecine préventive	TANON.
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LAIGNEL-LAVASTINE.
Pathologie expérimentale et comparée	FISSINGER.
Hydrologie thérapeutique et climatologie	CHIRAY.
	LOEPER.
Clinique médicale	CARNOT
	CLERC.
	Marcel LABBÉ.
Hygiène et clinique de la première enfance	LEREBoullet.
Clinique des maladies des enfants	NOBÉCOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale.	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GOUGEROT.
Clinique des maladies du système nerveux	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	LEMIERRE.
	CUNÉO.
Clinique chirurgicale	GOSSET.
	GRÉGOIRE.
Clinique ophtalmologique	LENORMANT.
Clinique urologique	TERRIEN.
	CHEVASSU.
Clinique d'accouchements	COUVELAIRE.
	JEANNIN.
Clinique gynécologique	LÉVY-SOLAL.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	MOCQUOT.
Clinique thérapeutique médicale	OMBRÉDANNE.
Clinique oto-rhino-laryngologique	RATHERY.
Clinique thérapeutique chirurgicale	LEMAITRE.
Clinique propédeutique	Pierre DUVAL.
Clinique de la tuberculose	Maurice VILLARET.
Clinique chirurgicale orthopédique	TROISIER.
Clinique de cardiologie	MATHIEU.
Clinique de neuro-chirurgie	LAUBRY.
Assistance médico-sociale	Clovis VINCENT.
	N...
Professeurs sans chaire	HAZARD.
	HOVELACQUE.
	MULON.
	OLIVIER.
	SANNIÉ.
	VERNE.

II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.

AMELINE Pathologie chirurgicale.
BARIÉTY..... Pathologie médicale.
BÉNARD (H)... Pathologie médicale.
BERNARD..... Pathologie médicale.
BESANÇON (J.). Hydrologie.
BOULIN..... Pathologie médicale.
BULLIARD.... Histologie.
CATHALA..... Pathologie médicale.
CHEVALLIER.. Pathologie médicale.
COSTE..... Pathologie médicale.
DOGNON..... Physique.
FEY..... Urologie.
FUNCK..... Pathologie chirurgicale.
GALLIARD.... Parasitologie.
GASTINEL Bactériologie.
DE GAUDART D'ALLAINES.. Pathologie
 chirurgicale.
GAYET..... Physiologie
DE GENNES... Pathologie médicale.
GIROUD..... Histologie.
HAGUENAU... Pathologie médicale.
HALPHEN.... Oto-rhino-laryngologie.
HUGUENIN.... Anatomie pathologique.
JOANNON..... Hygiène.

MM.

LACOMME..... Obstétrique.
LANTUÉJOUL. Obstétrique.
LAROCHE (G.) Pathologie médicale.
LAVIER..... Parasitologie.
LELONG..... Pathologie médicale.
LEMAIRE..... Pathologie expérimentale.
LÉVEUF..... Pathologie chirurgicale.
M^{lle} J. LÉVY... Pharmacologie.
LÉVY-VALENSI. Neurologie et Psychiatrie..
MÉNÉGAUX... Pathologie chirurgicale.
MOLLARET... Pathologie médicale.
MOREAU..... Pathologie médicale.
MOULONGUET.. Pathologie chirurgicale.
MOUQUIN..... Pathologie médicale.
PETIT-DUTAILLIS.. Pathologie chirurgi-
cale.
PIÉDELIÈVRE.. Médecine légale.
PORTES..... Obstétrique.
RENARD..... Ophtalmologie.
RICHET..... Physiologie.
SÈNÈQUE..... Pathologie chirurgicale
TURPIN..... Pathologie médicale.
VIGNES..... Obstétrique.
WILMOTH Pathologie chirurgicale.

III. — AGRÈGES RAPPELÉS A L'EXERCICE

POUR LE SERVICE DES EXAMENS

MM.

ALGLAVE Pathologie chirurgicale.
BUSQUET Pharmacologie.
CHALLEY-BERT. Physiologie.
GUÉNIOT..... Obstétrique.
HEITZ-BOYER... Pathologie chirurgicale.

MM.

LARDENNOIS... Pathologie chirurgicale.
LE LORIER..... Obstétrique.
NEVEU-LEMAIRE. Parasitologie
SCHWARTZ..... Pathologie chirurgicale.
VAUDESCAL..... Obstétrique.

IV. — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

A TITRE PERMANENT

MM.		MM.	
ALAJOUANINE...	} Clinique médicale.	BASSET	} Clinique chirurgicale.
AUBERTIN.....		BROCQ.....	
BRULÉ.....		CADENAT.....	
CHABROL.....		GATELLIER...	
DONZELOT.....		MOURE.....	
DUVOIR.....		QUENU.....	
LIAN.....		VELTER.....	
VALLERY-RADOT (Pasteur).....			
SÉZARY			

MM.	} Clinique obstétricale
ÉCALLE.....	
METZGER.....	

V. — CHARGES DE COURS

MM.	
CHAILLEY-BERT, agrégé	Education physique.
LEDOUX-LEBARD	Radiologie clinique.
RUPPE.....	Stomatologie.
WEIL-HALLÉ.....	Puériculture.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR TROISIER

Qui a bien voulu nous faire le grand honneur de présider cette thèse. Nous le prions d'agréer nos remerciements et l'hommage de notre respectueuse gratitude.

A MON MAITRE

LE DOCTEUR GEORGES MAINGOT

PAR M. J. TROPIER

A MA FEMME

A MA FILLE

A MA MERE

A MES PARENTS

A MES AMIS

INTRODUCTION

C'est en grande partie grâce à l'exploration radiologique du thorax que la phtisiologie a pu prendre, depuis quelques années, le bel essor qui aboutit actuellement à d'admirables résultats thérapeutiques.

Malgré les succès actuels, d'innombrables perfectionnements s'imposent encore, la plupart de ceux-ci ne sont possibles qu'avec un diagnostic de plus en plus précis ; la fine analyse des lésions et la localisation de celles-ci, la certitude qu'aucune altération occulte n'échappe à la clinique, sont choses demandées à tous les moyens d'investigation et particulièrement au plus riche de ceux-ci, au *Radiodiagnostic*.

Arrêtons-nous quelques instants pour regarder la série des conquêtes faites dans cet ordre d'idées, depuis la découverte de Röntgen, et pour parler des progrès les plus urgents.

En 1896, au lendemain même de la découverte de Röntgen, Barthélemy et Oudain firent en France la première radiographie de thorax ; A. Bécclère était présent, il s'agissait d'un hydropneumothorax, ce fut pour ces pionniers du radiodiagnostic, un véritable enchantement de voir radioscopiquement et de fixer sur la plaque radiographique l'image si suggestive d'un épanchement hydroaérique de la cavité pleurale.

Nous n'avons pas pu voir le cliché de l'époque, mais nous présumons qu'il paraîtrait bien médiocre aux phtisiologues actuels ; la pose avait duré 30 minutes ; il est certain que les mouvements involontaires du sujet, indépendamment des mouvements respiratoires et des battements vasculaires, avaient privé le cliché de tous détails.

Aujourd'hui, dans les laboratoires convenablement installés, le temps de pose d'un thorax est inférieure au dixième de seconde.

À côté des réductions du temps de pose les perfectionnements de la technique étendent chaque jour le champ de nos investigations. Nous sommes bien loin de ce que Bouchard écrit en 1896 :

« Chez tous les tuberculeux que j'ai examinés, à l'aide de l'écran fluorescent, j'ai constaté l'ombre des lésions pulmonaires ; son siège était en rapport avec les délimitations fournies par les autres méthodes de l'examen physique,

son intensité était en rapport avec la profondeur de la lésion », et il concluait : « la radioscopie donne des renseignements en tous points comparables à ceux de la percussion. »

Cependant la découverte prend rapidement des proportions, à partir de 1912, Coolidge produit des travaux sur une ampoule où les gaz sont trop raréfiés pour que le courant passe par ionisation moléculaire. La cathode est portée à l'incandescence par un courant auxiliaire ; elle émet alors des électrons chargés négativement ; la différence de potentiel entre les électrodes fait que les électrons se déplacent vers l'électrode positive, l'électrode positive servant d'anticathode, le bombardement par les électrons issus de la cathode produit les rayons X. Le réglage de la longueur d'onde des radiations se fait par le potentiel auquel est porté l'anticathode.

La quantité des rayons se règle par l'intensité de chauffage du filament. Il est inutile d'insister sur la valeur des progrès réalisés ; cette simplicité met la radiologie à la portée des médecins.



Les Besoins de la Phtisiologie

PROGRES NECESSAIRES

Mantoux et G. Maingot ont été, il y a de nombreuses années, très frappés par l'invisibilité au radiodiagnostic de certaines lésions, en prenant des fragments de lésions diverses qu'ils ont collés sur les sommets pulmonaires d'élèves complaisants, ils ont fait des radiographies dans les meilleures conditions de technique. Parfois les pièces étaient collées sur la paroi antérieure et les radiographies prises de face, parfois les pièces étaient fixées en arrière la radiographie encore prise de face, parfois les conditions de l'expérience étaient inversées : l'étude des clichés conduisit à la conclusion qu'au-dessous d'une certaine épaisseur, les lésions acalcaires étaient invisibles.

Si nous reprenions, à notre époque, les mêmes expériences, nous constaterions que le seuil de visibilité des pièces collées sur la poitrine est considérablement reculé. Or reculer le seuil de visibilité, c'est reculer le seuil de dépistage des lésions.

Les progrès intrinsèques à la technique radiographique se groupent en trois paragraphes :

- la réduction de déformation des images ;
- la conservation de la netteté qui est la condition *sine qua non* de la représentation des fins détails ;
- la mise en valeur des contrastes.

1° Réduction des déformations.

Les projections radiologiques sont des projections coniques. Les images radiologiques sont donc des images agrandies. L'agrandissement d'une lésion croît avec l'augmentation de la distance du film et de la lésion et avec la diminution de la distance du foyer d'émission des rayons X et de lésion repré-

sentée. A mesure que l'image de l'objet subit un plus fort grossissement, les bords s'estompent et les contrastes diminuent entre la lésion et les parties voisines. En principe, un foyer d'ombre projeté sur une surface de 2 centimètres carrés est deux fois moins opaque aux rayons X que le même foyer projeté sur une surface d'un centimètre carré.

Comment diminuer l'agrandissement d'une lésion ? Impossible de déplacer la lésion à l'intérieur du thorax et de la rapprocher du récepteur. On pourrait, il est vrai, prendre deux radiographies successives, l'une de dos, l'autre de face, et voir quel est celui des deux clichés qui fournit la meilleure représentation. Ce n'est pas ainsi que la difficulté est généralement tournée. L'idéal serait de projeter l'image du thorax ponctiforme placé à l'infini. Dans l'impossibilité d'atteindre cette perfection, nous nous contentons d'éloigner au maximum le foyer d'émission des rayons X et le sujet radiographié. La pratique enseigne qu'en matière de radiographie thoracique la distance optima de travail est de 1 m. 40 à 1 m. 50 au minimum et de 3 mètres au maximum. Or, à mesure que l'ampoule s'éloigne du film, les temps de pose croissent rapidement. Les temps de pose sont en effet inversement proportionnels au carré de la distance. Un thorax radiographié à 50 centimètres s'obtient avec seize fois moins de pose qu'un thorax radiographié à 2 mètres.

Les radiographies prises à des distances supérieures à 1 m. 40, 1 m. 50 portent le nom de *Téléradiographies*.

La téléradiographie ajoute un second mérite à celui de ménager les contrastes. Une perspective prise à 2 mètres fournit du cœur et des vaisseaux une représentation dont les dimensions sont sensiblement celles de l'objet représenté. Le même thorax pris à 50 centimètres donne une image agrandie du cœur et des vaisseaux et, ce qui est beaucoup plus grave, une disproportion entre les diamètres cardio-vasculaires et les autres diamètres thoraciques.

2° Conservation de la netteté.

La netteté, c'est la finesse de la ligne. Imaginons une ligne géométriquement théorique et opaque aux rayons X. La présentation de cette ligne sur un film sera une surface dont la largeur est toujours infiniment supérieure à la

largeur théorique d'une ligne géométrique. Cette augmentation de largeur est due à des causes multiples :

- le film radiographique a un grain de dimensions non négligeables ;
- les écrans intensificateurs ont un grain encore plus gros que le film ;
- enfin, les questions de pouvoir pénétrant, de rayonnement secondaire, de création d'un rayonnement caractéristique contribuent elles aussi à élargir la ligne et diminuer la netteté.

Mais laissons de côté ces différentes considérations et envisageons des causes beaucoup plus importantes de diminution de finesse, ou, ce qui revient au même, reprenant le problème à l'envers, voyons quels sont, dans les conditions de technique radiographique, les moyens les plus efficaces d'avoir le maximum de finesse.

Puisque les images radiographiques sont des projections coniques dont la construction est à ce point de vue la même que celle des ombres chinoises, la finesse parfaite n'est possible qu'à condition d'avoir un foyer d'émission des rayons de Röntgen parfaitement ponctiforme. Or, le foyer d'émission des rayons de Röntgen est situé dans l'ampoule radiogène, c'est la surface anticathodique sur laquelle tombent les rayons cathodiques. Dorénavant la surface qui reçoit le bombardement cathodique sera dans le cours de ce travail appelée « point d'impact ». Imaginons que le point d'impact soit constitué non par un point théorique, mais par une surface de grandeur déterminée dans la pratique par une surface de plusieurs millimètres de diamètre.

Il y a sur les bords de l'image une pénombre dont la largeur augmente avec la largeur du point d'impact. Les dimensions de la pénombre sont également régies par la distance entre le point d'impact et le foyer d'ombre représenté et par la distance entre le foyer d'ombre représenté et le récepteur. Les choses se passent comme pour l'agrandissement des images ; le remède est le même, c'est l'augmentation de la distance anticathode lésion, c'est la *téléradiographie*.

Or, les inconvénients sont les mêmes. Mais, les dimensions du point d'impact ne sont pas réductibles à volonté. La surface du point d'impact est régie par la résistance thermique et mécanique du tungstène au bombardement

cathodique. La limite de charge par millimètre carré du point d'impact ne saurait être dépassé sans qu'il en coûtât une détérioration des anticathodes incompatible avec les ressources d'un laboratoire même richement entretenu.

La deuxième condition de la finesse des images est l'immobilité complète de l'objet, dès que l'objet bouge, l'image est floue, plus le temps de pose est court, plus le déplacement pendant la pose est réduit. Or le thorax est un centre de vie soumis aux mouvements respiratoires et aux mouvements circulatoires. Depuis longtemps les radiographies thoraciques sont prises en apnée. Mais s'il est possible de retenir sa respiration il est impossible d'arrêter les battements de son cœur et de faire cesser les phénomènes d'expansion vasculaire qu'ils déterminent. Puisqu'il n'est pas possible d'arrêter les battements du cœur, la netteté de ses bords dépend de l'instantanéité des poses — un centième de seconde donne de bons résultats — avec un vingtième de seconde les mouvements sont supprimés à condition d'impressionner le film au temps de la révolution cardiaque pendant lequel les battements du cœur sont le moins amples. Le docteur Cottenot a mis au point un appareil infiniment ingénieux à l'aide duquel le déclenchement de l'impression radiographique est fait au moment optimum des phases cardiaques.

Donc, la finesse s'acquiert avec une bonne technique photographique, un point d'impact aussi fin que possible, une augmentation aussi grande que possible de la distance : source des rayons X-malade-écran et surtout avec des poses réduites au maximum à cinq centièmes de seconde.

3° Conservation des contrastes.

La conservation des contrastes est la condition *sine qua non* de la richesse des images. Les contrastes sont définis par les différences d'absorption du rayonnement sur différentes trajectoires. En vérité, les images radiologiques sont dues à des différences de contraste ; sans contrastes, la radiographie serait réduite à un voile uniforme ; elle n'aurait aucune utilisation diagnostique possible.

Pour conserver le contraste, il faut d'abord avoir toutes les conditions de netteté. L'objet qui bouge devient flou et s'appauvrit en contrastes. L'appauvrissement en contrastes atteint souvent une valeur suffisante pour que l'objet

devienne complètement invisible : c'est le mouvement des petits vaisseaux pulmonaires qui rend ceux-ci invisibles sur la radiographie impressionnée trop lentement. Mais, en dehors de toute question de netteté, les contrastes sont soumis à des influences dépendant les unes du sujet radiographié, les autres de la nature du rayonnement employé pour faire la radiographie.

Considérons d'abord les conditions de contraste intrinsèques au sujet radiographié. Une expérience d'A. Bécère montre que le contraste diminue lorsque la différence d'absorption des rayons projetant l'image diminue ; pour un thorax où siège une lésion opaque, quand le diamètre de l'organisme augmente, le contraste diminue. Hélas ! le contraste ne diminue pas seulement du fait des différences d'absorption. Un autre phénomène intervient : les rayons X qui rencontrent des particules matérielles sont transformées en un rayonnement secondaire qui vient jeter sur l'ensemble de l'image un voile d'autant plus intense que le rayonnement secondaire est plus riche. De sorte que les causes d'appauvrissement des contrastes en fonction des augmentations d'intensité sont de deux ordres : la diminution du fait de l'épaisseur des différences d'absorption et l'augmentation du rayonnement secondaire par l'augmentation de la masse irradiée. Il est impossible de réagir efficacement contre la diminution des contrastes dus à la première de ces deux causes ; il est au contraire relativement facile de lutter contre la deuxième. La lutte se fait en employant un antidiffuseur dont les diaphragmes du type Potter-Bucky sont les plus courants.

Considérons maintenant les variations de contraste dues à la technique radiographique elle-même. Le rayonnement émis par une ampoule radiologique est un phénomène vibratoire. La longueur d'onde est extrêmement courte, on l'exprime en unités Angström. Suivant la longueur d'onde, les rayons sont plus ou moins absorbés par les objets qui leur font écran. Les rayons de courte longueur d'onde sont des rayons peu absorbables ou très pénétrants. Les rayons de plus grande longueur d'onde sont des rayons plus absorbables ou moins pénétrants. On dit quelquefois que les rayons de grande longueur d'onde sont des rayons « mous » tandis que les rayons de courte longueur d'onde sont des rayons « durs ». La qualité du rayonnement émis par une ampoule dépend de la différence de potentiel aux bornes de l'ampoule. Des différences de potentiel relativement faibles, 40 kilovolts, émettent des rayons qui, au point de vue du radiodiagnostic, sont très peu pénétrants. Quand la différence de potentiel aux

bonne de l'ampoule dépasse 100 kilovolts, les rayons émis sont des rayons durs. Or les rayons mous sont ceux qui donnent les radiographies les plus contrastées et les radiographies sur lesquels les détails sont les plus richement représentés. Ils fournissent des images si riches que nous sommes incapables de les interpréter complètement.

Les rayons durs ne respectent pas les contrastes comme les rayons mous. Une radiographie faite avec des rayons durs est un cliché sur lequel tout est transparent. Il y a des ombres qui se dessinent sur l'image du cœur, les côtes ne sont plus un obstacle. Avec les rayons très pénétrants, les partisans de la méthode disent : les côtes sont des côtes « de verre ». Malheureusement les rayons très pénétrants déterminent une émission de rayons secondaires qui jette une sorte de voile sur l'ensemble du cliché. L'emploi d'antidiffuseurs devient indispensable, mais les antidiffuseurs du type Potter-Bucky, par exemple, absorbent une forte proportion du rayonnement ; ils augmentent le temps de pose dans la proportion de un à deux et même de un à trois.

C'est néanmoins une méthode qui nous a donné d'excellents résultats à l'hôpital Laennec dans le service du docteur G. Maingot.

Conséquences.

Si nous jetons un coup d'œil sur l'ensemble des conditions de technique dont nous venons de parler, nous sommes impressionnés par la convergence de tous nos besoins vers le même but : la grande puissance, impossible de faire la teleradiographie instantanée. Si les temps de pose sont proportionnels à l'intensité du courant de charge de l'ampoule, ils sont proportionnels au carré de la tension de charge de l'ampoule. Avec les rayons mous, les intensités doivent atteindre des chiffres formidables. Avec les rayons durs, elles se tiennent à des valeurs notablement moindres, mais dans un cas comme dans l'autre, les quantités d'énergie totale absorbée sont sensiblement identiques. Pour préciser par des chiffres, les partisans des rayons mous emploient des intensités formidables qui s'élèvent à 800 milliampères sous 40.000 volts. Les partisans des rayons durs emploient des intensités de 150 à 200 milliampères pour 120 à 130.000 volts.

Ce qui donne des quantités d'énergie de l'ordre de 32.000 watts soit environ 43 chevaux-vapeur — ce qui nécessite une alimentation sous une intensité de 600 ampères — entraînant des installations de câbles de 3 centimètres de diamètre (1 mm. de surface par ampère).

Réalisation Technique

La radiographie moderne du thorax met en œuvre des énergies électriques énormes. Comme corollaire, elle se sert d'appareils spéciaux extrêmement puissants. Distinguons dans ces appareils les deux parties essentielles :

- d'une part l'ampoule ;
- d'autre part les transformateurs qui alimentent l'ampoule.

Ampoules.

Deux points sont à considérer en ce qui concerne les ampoules : d'une part la résistance de l'anticathode au bombardement cathodique, d'autre part le refroidissement de l'anticathode que le bombardement cathodique peut échauffer jusqu'à fusion. Nous avons dit que le point d'impact ou surface de bombardement anticathodique a des dimensions régies par la puissance de la décharge. Donc, à moins de déplacer pendant la pose l'anticathode devant le point d'impact, les ampoules à grande puissance ne peuvent résister au travail de plusieurs radiographies qu'à condition d'avoir un point d'impact large. Disons par exemple que les ampoules construites pour supporter une charge de 6 kilowatts (nous sommes loin de nos 60 kilowatts) ont une surface anticathodique de 6 millimètres de diamètre environ. Pour corriger le flou dû à la grande surface anticathodique, il faut augmenter la distance ampoule-malade-film. Mais augmenter la distance de la téléradiographie, c'est ou allonger le temps de pose ou se soumettre à l'obligation de travailler à plus forte charge. A plus forte charge, plus grande surface anticathodique, et ainsi de suite ; tant qu'aucune substance plus réfractaire que le tungstène n'entrera dans la composition de la cible anticathodique, le problème d'un point d'impact fin avec anticathode fixe et forte puissance demeurera insoluble. Pour tourner la difficulté, la firme Philips a construit une *ampoule à anticathode tournante*. L'anticathode est un cône. Le point d'impact tombe sur une génératrice du cône, à peu près à égale dis-

tance du sommet et de la base. Le cône est monté sur bille. L'axe de rotation se confond avec la hauteur du cône. Le mouvement du cône est obtenu par la création autour de l'ampoule d'un champ magnétique tournant.

Générateurs.

Les grands contacts tournants ou les générateurs à Kénotron sur courant alternatif monophasé peuvent fournir environ 200 milliampères sous 70.000 volts soit 14.000 watts avec ces appareils, à 2 mètres, la pose est de l'ordre d'un dixième de seconde.

Les appareils modernes sont de deux catégories. Les uns comportent des transformateurs analogues à ceux des contacts tournants mais plus puissants ou tout au moins multiples et fonctionnant sur courant triphasé. Les autres comportent des dispositifs à accumulateurs d'énergie. Les appareils sur triphasé sont construits dans différents pays. Schématiquement ces appareils ont un groupement de trois transformateurs avec Kénotrons fonctionnant chacun sur une des phases du courant alternatif. L'appareil « Tripharix » comprend en plus un contrôleur de pose, capable de corriger automatiquement, dans la mesure du possible, les variations du secteur.

Ces appareils sont capables de réduire les temps de pose à quelque millième de seconde.

Les dispositifs à accumulateurs utilisent un autre principe. Une comparaison aide à comprendre la différence. Dans les premiers, la quantité d'énergie nécessaire à l'impression des radiographies est empruntée au secteur, pendant la pose radiographique. Dans les seconds, le secteur charge un condensateur. La charge s'effectue lentement, comme se remplit un seau placé sous un robinet. Quand le condensateur est chargé, la décharge se produit instantanément, comme si on jetait d'un seul coup tout le contenu du seau.

Voyons maintenant quelques appareils en usage :

- les appareils Rotalix à anticathode tournante ;
- la stéréoradiographie ;
- la sériographie ;
- la stratigraphie et stratiscope.

1° *Les appareils Rotalix à anticathode tournante.* — Ils comprennent une ampoule à anticathode tournante et un dispositif à accumulation. La charge du condensateur s'effectue lentement en 10 à 20 secondes. Un galvanomètre indique les phases de la charge. La charge est terminée quand l'aiguille du galvanomètre tombe à zéro. La manœuvre d'un petit interrupteur provoque la décharge du transformateur sur le tube Rotalix. Automatiquement et à temps voulu l'anticathode s'est mise à tourner, elle s'arrête à la fin de la décharge.

Pour faire le centrage radioscopique des malades, un tube métalix à anticathode fixe se substitue au tube Rotalix. Ce dernier est automatiquement mis en circuit quand le premier vient prendre une position d'occultation sur le bord du meuble. Le temps de pose est d'un peu moins d'un dixième de seconde, la décharge du condensateur s'étale en passant à travers une self. Le réglage de la pénétration échappe à l'opérateur ; par construction pénétration et intensité sont optima pour que la radiographie du thorax ait le maximum de perfection. L'opérateur ne peut agir que sur la charge du condensateur. Il détermine celle-ci d'après le diamètre antéro-postérieur du sujet. Le Rotalix n'a pas besoin de grosses lignes d'alimentation. Il absorbe moins de 10 ampères. Il est de plus, insensible aux variations du secteur. A l'hôpital Laënnec, dans le service du docteur G. Maingot, cet appareil fonctionne à grand rendement avec un déchet de un pour cent à peine.

2° *La stéréoradiographie.* — Si nous voyons le relief c'est que nous disposons de deux yeux : fixons successivement avec l'un et l'autre œil un point situé à un mètre par exemple, après avoir interposé un petit objet entre ce point et le milieu de la ligne qui joint les deux pupilles ; pour l'œil droit l'objet paraît à gauche du point fixé ; pour l'œil gauche il paraît à droite. La comparaison de toutes les images se fait automatiquement lorsque nous regardons, mais ce sont des détails semblables à cette expérience qui donnent l'impression du relief.

La stéréoradiographie utilise ce principe en prenant deux clichés successifs, l'ampoule occupant les positions supposées des deux yeux. Les clichés sont examinés par des procédés variables où chaque œil fixe l'un des deux clichés, la

superposition inconsciente donne l'impression de relief, mais n'oublions pas ce qu'a dit Dioclès :

« Il s'agit non d'un processus instantané, mais d'une comparaison et d'une interprétation mentale, il faut, pour que le sens stéréoscopique atteigne son maximum chez le sujet donné, que les yeux fixent successivement tous les plans intermédiaires en réalisant une véritable palpation stéréoscopique. »

L'interprétation mentale consiste en :

- 1° des éléments d'appréciation monoculaire de distance ;
- 2° des éléments de vision stéréoscopique ;
- 3° des éléments de convergence.

Nous comprenons que certains éprouvent des difficultés à voir des clichés stéréoscopiques et que cette méthode ait peu persisté, aussi nous ne décrirons pas les appareils.

Cependant ce procédé est intéressant par exemple pour situer les corps étrangers, pour le squelette, nous avons pu voir remarquablement des tumeurs du lobe frontal.

3° *La sérigraphie.* — On prend 4 clichés avec des déplacements de l'ampoule, dans deux directions perpendiculaires dans un plan parallèle au plan du film.

Ces clichés sont superposés lors de l'examen, un appareil permet d'effectuer de petits déplacements des fils, les uns par rapport aux autres, on fait coïncider les images d'un même plan du sujet radiographié (on a eu le soin de placer à côté du sujet perpendiculairement au plan du film une échelle portant une graduation en cm.), les numéros correspondant au plan examiné sont nets, se superposent ; les images des autres plans, occupant des positions différentes par rapport à celle du plan étudié, sur les 4 plans, ne coïncident pas et sont floues.

Les numéros correspondant au plan examiné donnent l'indication de profondeur.

Malheureusement les contours des images situées dans des plans différents, qui ne coïncident pas, se superposent et brouillent l'image du plan examiné.

4° *La stratigraphie* ou planigraphie ou tomographie.

Schématisons les impuissances de la radiographie simple : nous avons vu les obstacles à la représentation fidèle des détails et des contrastes. Voyons :

- a) l'impossibilité d'analyser à coup sûr les superpositions d'images ;
- b) l'impossibilité de déterminer, même approximativement, la profondeur de certaines lésions.

A. — *Analyse des superpositions d'images.* Un exemple à l'appui de cette difficulté se trouve dans le diagnostic différentiel des cavernes et des images aéro-laires formées par des superpositions de vaisseaux, de bords osseux et autres. C'est autour du hile et dans les bases que ces aspects se rencontrent le plus souvent ; les lignes qui les dessinent sont fines et habituellement impossibles à reconnaître de profil.

Si caractéristique soit-il, l'aspect en « mie de pain » et en « nids d'abeille » de G. Maingot n'a que la valeur d'une esquisse. Que de questions restent sans réponses devant de tels clichés !

B. — *Impossibilité d'apprécier la profondeur de certaines lésions.*

A la radioscopie, au moment de la toux, tous les objets intrathoraciques se déplacent en sens inverse du mouvement des côtes postérieures. L'amplitude du mouvement, grande pour les objets antérieurs, diminue avec le recul et devient nulle à la paroi postérieure. Mais la toux ne donne que des résultats approximatifs : quand les choses à repérer en profondeur sont visibles de dos, de face et de profil, il est plus précis de pratiquer des examens à 90° l'un de l'autre, face et profil. Malheureusement, il y a des lésions même volumineuses et foncées qui, de profil, sont indécélables. Le fait est de règle au sommet, parce que le moignon de l'épaule devient, de profil, un écran impénétrable ; aux bases il y a le foie, et puis ailleurs il y a le cœur, les vaisseaux, les vertèbres...

La *tomographie* est la radiographie d'une tranche de tissu. Dans le thorax, tous les foyers d'ombres superposés à la coupe sont des parasites que la stratigraphie doit supprimer. Le choix de la tranche est facultatif.

Cet appareil fonctionne de la façon suivante :

Une ampoule ordinaire est montée sur un bras basculant de façon à ce que cette ampoule et le film à impressionner se déplacent symétriquement par rapport à un plan fixe. La tranche de thorax à explorer est placée exactement à ce plan fixe. Les mouvements du tomographe ont pour effet de balayer le film avec l'image des obstacles situés hors du plan de coupe, sans l'impressionner, et de maintenir constamment et point par point les ombres du plan de coupe au même endroit du film.

C'est ainsi que l'image de la coupe seule est nette ; plus la coupe est mince, plus l'image des plans éloignés est effacée, plus la tomographie est transparente et contrastée. Le réglage de la pose se fait par la vitesse de déplacement de l'ensemble ampoule-film ; — l'épaisseur de la coupe dépend de l'angle de déplacement de l'ampoule. Pour un angle supérieur à 45° on a des coupes très minces, donnant une localisation très précise. Il est possible de procéder à un premier sondage avec des coupes épaisses (angle de 20°) ; dans une coupe épaisse qui paraît intéressante, il est facile de faire 2 ou 3 coupes minces.

Les meilleurs tomographes font des coupes de 5 à 7 mm. Il n'y a pas de limite maxima ; en effet, l'angle tendant vers zéro, l'image tend vers la radiographie ordinaire.

Mais toutes choses égales d'ailleurs, la surface des ombres parasites joue un rôle capital dans l'effacement tomographique. Les très vastes plages opaques d'uniforme épaisseur sont des écrans impénétrables : le long d'une palissade formée de planches mal jointes, un coureur regarde et voit ce que la palissade cache aux personnes immobiles. Si la palissade est remplacée par un voile, même demi-transparent, le déplacement du coureur n'a plus d'effet optique. De même, en tomographie ; quand les opacités gênantes ne sont ni très grandes, ni trop serrées, l'effet tomographique a pour résultat de découvrir les perspectives cachées en radiographie non stratigraphique.

Quand les opacités ne sont ni impénétrables aux grands débits de rayons X produits sous voltages élevés ni partout d'égale épaisseur, la tomographie est une méthode d'analyse des hémithorax sombres. Il lui appartient de distinguer

les fibrothorax des faux semblants, d'analyser une cavité au sein d'un oléothorax, d'apprécier l'état d'un parenchyme pulmonaire masqué par un épanchement liquide ou par des tissus solides peu épais.

En outre la tomographie permet l'analyse des images de superpositions : avec des coupes tomographiques sériées, un modeleur reconstituerait dans l'espace les formes anatomiques normales et pathologiques dont les clichés lui mettent les coupes sous les yeux.

La mesure de la profondeur des foyers d'ombres découle de ce que nous venons de dire, il suffit de savoir par quelle profondeur passe la coupe qui fait le sujet de l'examen.

Ce que la plus parfaite des radiographies ne peut pas faire, la tomographie le réalise. Et pourtant la tomographie n'est pas encore complétée par la tomographie en voie de réalisation.



CONCLUSION

1. — En France, c'est en 1896, au lendemain de la découverte de Röntgen que fut faite la première radiographie du thorax. Il s'agissait d'un épanchement hydroaérique de la plèvre et ce fut un émerveillement de voir comment les rayons X mettaient en évidence certaines lésions de l'appareil respiratoire ; la pose avait duré 30 minutes.

Que de progrès depuis ce cliché primitif jusqu'à nos jours.

2. — Depuis l'application du radiodiagnostic à l'exploration radiologique de l'appareil respiratoire on s'est aperçu que si merveilleux qu'il soit, le radiodiagnostic laissait certaines lésions inaperçues ; le fait est vérifié par la clinique et les contrôles anatomiques. Des expériences faites en collant des pièces anatomo-pathologiques sur le thorax de sujets sains et en prenant ensuite des radiographies ont montré qu'au-dessous d'une certaine densité et d'une certaine épaisseur les pièces n'étaient représentées par aucune ombre appréciable.

3. — Le seuil de la visibilité d'une lésion dépend en grande partie de la technique radiographique.

Les conditions d'une bonne technique sont :

- a) l'instantanéité de la pose qui doit durer moins d'un dixième de seconde ;
- b) l'application de la téléradiographie, c'est-à-dire le choix d'une distance anticathode-film aux moins égale à 1 m. 50 ;
- c) l'utilisation d'ampoules à foyer fin.

Or, mises à part les ampoules à anticathode tournante, il n'y a pas actuellement d'ampoule puissante dont le foyer soit assez petit pour donner des radiographies de thorax parfaites.

Les compétences discutent encore la question de savoir si les radiographies de thorax doivent être faites avec des rayons de grande longueur d'onde communément appelés rayons mous ou avec des rayons de courte longueur d'onde

communément appelés rayons durs. Les radiographies faites avec des rayons mous 45 à 55 kilovolts sont très riches en détails dans les parties transparentes, et très pauvres en détails dans les parties sombres ; en conséquence, le poumon est mal exploré derrière les côtes, derrière le cœur, et dans les parties où la pathologie a formé des blocs opaques.

Avec les rayons de courte longueur d'onde 120 à 150 kilovolts, les côtes sont transparentes comme du verre, les détails se voient dans les parties sobres, mais l'abondance du rayonnement secondaire conduit de toute nécessité à l'emploi d'un diaphragme antidiffuseur. Celui-ci absorbe la moitié ou les 2/3 du rayonnement et par conséquent aboutit soit à un allongement du temps de pose, soit à une augmentation de la puissance des appareils.

4. — Aujourd'hui les meilleures radiographies sont encore insuffisantes pour résoudre tous les problèmes qui se posent devant un thorax de tuberculeux, par exemple ; quels que soient les progrès réalisés, il y a encore des lésions indécélables avec la radiologie ordinaire.

La stratigraphie ouvre une brèche dans le mur des impossibilités d'améliorer encore la radiographie ordinaire, il lui appartient de dépister un très grand nombre de lésions occultes sur un film standard.

La stratigraphie, comprend essentiellement 2 méthodes, la sériescopie et la tomographie.

La sériescopie et la tomographie ont encore le mérite de déterminer la profondeur des foyers d'ombre représentés, cela découle du principe même des deux méthodes.

La sériescopie est très *spectaculaire* et très souvent plus économique que la tomographie avec 4 films, la sériescopie fouille un thorax d'avant en arrière, millimètre par millimètre, pareille chose ne peut être faite avec la tomographie qu'avec un beaucoup plus grand nombre de films.

Les tomogrammes ne sont pas beaux à voir, ils ont l'air de radiographies floues, mais les images sont beaucoup plus dépouillées qu'une sériescopie, et la puissance d'analyse de la tomographie est plus grande que celle de la sériescopie.

Afin de réaliser une économie de films, Manuel de Abreux a imaginé de remplacer les radiographies standard par des photographies de l'image radioscopique faite sur des films de très petit format. Renault, en France, étudie l'application du procédé à la stratigraphie. La méthode de Manuel de Abreux a été appelée par son inventeur la radiophotographie. Certains laboratoires de dépistage et l'armée ont organisé des postes de radiophotographie. Malheureusement de sévères reproches sont à faire à ce procédé de pseudo-économie : parmi ceux-ci il y a lieu de remarquer que :

- a) la radiophotographie n'est pas faite à une distance anticathode-écran de 1 m. 50 au moins, donc elle a tous les inconvénients des explo-rations aux rayons X qui ne sont pas des télé-radiographies ;
- b) le temps de pose est relativement grand ; donc il y a du flou dû aux battements de l'appareil circulatoire ;
- c) les grains de l'écran et le grain du film nuisent à la finesse des images ;
- d) la lecture de très petits clichés de la radiophotographie est difficile sans agrandissement, l'agrandissement par projection sur un écran, ou l'agrandissement photographique diminuent encore la finesse des images ;
- e) l'insuffisance des radiophotographies conduit à l'obligation de faire un bon cliché standard à tous les sujets apparemment sains et d'agir de même quand la radiophotographie met des lésions en évidence puisqu'elle est incapable de fournir des précisions nécessaires à l'édification d'un diagnostic précis et d'une thérapeutique adéquate ;
- f) l'économie de la radiophotographie est une illusion puisque le procédé nécessite dans presque tous les cas la mise en œuvre de la radiographie ordinaire, d'où double dépense et double laboratoire, laboratoire de radiographie ordinaire avec son personnel et laboratoire de radiophotographie avec son personnel spécialisé.

5. — Les perspectives d'avenir font espérer un perfectionnement de la radioscopie dans lequel l'écran sera remplacé par un appareil transmetteur de

télévision, la transmission se fera par fil ou sans fil ; le récepteur comme les récepteurs des postes de radiophonie amplifiera la réception, ce qui permettra après des progrès (dont nous ne voyons pas encore le mode de réalisation) de réduire la quantité des rayons X utilisés au poste d'émission et d'avoir au poste de réception une image claire, bien contrastée, et visible sans adaptation rétinienne. Le grossissement à la réception sera si grand que l'image sera projetée sur un écran semblable à l'écran cinématographique ordinaire ou au contraire si faible que projeté sur un film cinématographique ordinaire il permettra d'impressionner la bande qui une fois développée et fixée constituera la bande cinématographique propre à la reproduction exacte des mouvements de la vie.



Vu

et permis d'imprimer

Le Recteur de l'Académie de Paris

G. ROUSSY

Le Président de Thèse

TROISIER

Le Doyen

TIFFENEAU

Imprimerie GIRONDE
47, Rue Michelet
Montreuil (Seine)
AVRou 02-68

